

# SISTEMA DE MANUTENÇÃO PREDITIVA COM IOT PARA COMPONENTES ROTATIVOS EM PEQUENAS E MÉDIAS INDÚSTRIAS

## PREDICTIVE MAINTENANCE SYSTEM WITH IOT FOR ROTATING COMPONENTS IN SMALL AND MEDIUM-SIZED INDUSTRIES

Luick Fernandes de Melo<sup>i</sup>  
Thiago Lima Barbosa<sup>ii</sup>  
Pablo Henrique Machado Cavalcante<sup>iii</sup>  
Humberto de Sousa Megda<sup>iv</sup>  
Alessandro de Lima Marreiro<sup>v</sup>

### RESUMO

A manutenção preditiva tem se consolidado como uma alternativa eficiente às estratégias corretiva e preventiva, especialmente com o avanço da Indústria 4.0. Este trabalho apresenta o desenvolvimento em andamento de um sistema acessível de monitoramento preditivo voltado para componentes rotativos industriais, utilizando sensores de vibração (MPU-6050), temperatura (DS18B20) e corrente elétrica (ACS712), integrados a um microcontrolador ESP32 com conectividade Wi-Fi. Os dados coletados estão sendo processados e visualizados em tempo real por meio da plataforma Node-RED, com emissão de alertas automáticos quando os parâmetros ultrapassam os limites operacionais definidos. O sistema já está em fase de testes e visa aumentar a confiabilidade dos ativos, reduzir paradas não programadas e promover a adoção de práticas inteligentes de manutenção em pequenas e médias empresas.

**Palavras-chave:** Monitoramento preditivo

### ABSTRACT

Predictive maintenance has become a reliable alternative to corrective and preventive strategies, especially with the advancement of Industry 4.0. This paper presents the ongoing development of an accessible predictive monitoring system aimed at industrial rotating components, using vibration (MPU-6050), temperature (DS18B20), and electric current (ACS712) sensors, integrated with an ESP32 microcontroller featuring Wi-Fi connectivity. The collected data is being processed and visualized in real time through the Node-RED platform, with automatic alerts triggered when parameters exceed defined operational limits. The system is currently in the testing phase and aims to increase asset reliability, reduce unplanned downtime, and promote the adoption of smart maintenance practices in small and medium-sized enterprises.

**Keywords:** predictive maintenance

## 1 INTRODUÇÃO

A manutenção industrial desempenha um papel fundamental na eficiência operacional, impactando diretamente a produtividade, a qualidade dos produtos e a segurança no ambiente de trabalho. Com o avanço das tecnologias

digitais e a consolidação da Indústria 4.0 (SOUZA et al., 2022), a manutenção preditiva tem ganhado destaque como uma abordagem mais eficiente, baseada no monitoramento contínuo de variáveis críticas e na análise de dados em tempo real. Diferentemente das práticas corretiva e preventiva, que apresentam limitações quanto à previsibilidade e à otimização de recursos, a manutenção preditiva permite intervenções somente quando há indícios concretos de falha, evitando paradas não programadas e reduzindo custos. A manutenção preditiva permite intervenções somente quando há indícios concretos de falha, evitando paradas não programadas e reduzindo custos.

### **1.1 Problema de pesquisa**

Apesar dos avanços tecnológicos na área industrial, muitas pequenas e médias empresas ainda dependem de estratégias de manutenção corretiva ou preventiva tradicional, que não consideram as reais condições operacionais dos equipamentos. Essa limitação resulta em falhas inesperadas, paradas não programadas, aumento de custos e redução da vida útil dos ativos. Nesse cenário, surge a necessidade de desenvolver soluções acessíveis que incorporem tecnologias da Indústria 4.0 para monitoramento contínuo e inteligente dos equipamentos.

### **1.2 Objetivo(s)**

Desenvolver e validar um sistema de monitoramento preditivo para máquinas industriais, utilizando sensores de vibração, temperatura e corrente elétrica integrados a um microcontrolador ESP32 com conectividade IoT, visando a detecção antecipada de falhas em componentes rotativos. Além disso, o trabalho em andamento busca:

- Integrar sensores de baixo custo (MPU-6050, DS18B20 e ACS712) ao microcontrolador ESP32 para coleta contínua de dados operacionais.
- Implementar algoritmos de análise de tendência para identificar anomalias nos sinais captados.
- Desenvolver uma interface de monitoramento em tempo real utilizando a plataforma Node-RED.
- Configurar alertas automáticos quando os parâmetros monitorados ultrapassarem os limites operacionais definidos.
- Avaliar a eficácia do sistema na detecção precoce de falhas mecânicas em componentes rotativos.
- Propor uma solução acessível e replicável para pequenas e médias indústrias, alinhada aos princípios da Indústria 4.0.

### **1.3 Justificativa**

A manutenção industrial é um fator crítico para garantir a eficiência, a segurança e a produtividade nas organizações. Entretanto, muitas pequenas e médias empresas ainda adotam estratégias baseadas na manutenção corretiva ou preventiva tradicional, que não consideram as reais condições dos equipamentos. Essas abordagens geram altos custos operacionais, paradas não planejadas e comprometem a confiabilidade dos processos produtivos.

Com o avanço das tecnologias digitais, sensores inteligentes e conectividade IoT, torna-se viável o desenvolvimento de sistemas de manutenção preditiva mais acessíveis, capazes de identificar falhas antes que causem danos significativos. No entanto, grande parte das soluções disponíveis no mercado são de alto custo e de difícil implementação em realidades industriais de menor porte.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

A manutenção preditiva tem se destacado como uma alternativa eficiente às estratégias corretiva e preventiva (ROCHA, 2018), superando suas limitações por meio do monitoramento contínuo de variáveis operacionais. Com os avanços da Indústria 4.0, a integração de sensores inteligentes e conectividade IoT possibilitou o desenvolvimento de sistemas preditivos acessíveis e eficazes. Tecnologias como o microcontrolador ESP32 e os sensores MPU-6050 (vibração), DS18B20 (temperatura) e ACS712 (corrente elétrica) (BRUNIERA, 2024) têm sido amplamente utilizadas em pesquisas recentes, com resultados promissores. Ferramentas como o Node-RED permitem a visualização em tempo real dos dados e o envio automático de alertas, otimizando a tomada de decisões. Essas soluções têm se mostrado especialmente relevantes para pequenas e médias indústrias, promovendo a modernização dos processos de manutenção e aumentando a confiabilidade operacional.

## **3 METODOLOGIA**

Este trabalho está sendo desenvolvido com foco na implementação de um sistema preditivo utilizando sensores de vibração (MPU-6050), temperatura (DS18B20) e corrente elétrica (ACS712), integrados a um microcontrolador ESP32 com conectividade Wi-Fi. Os dados estão sendo processados e visualizados em uma plataforma web desenvolvida no Node-RED, com emissão de alertas automáticos. O sistema está voltado ao monitoramento de componentes rotativos industriais, contribuindo para o aumento da confiabilidade, disponibilidade dos ativos e adoção de práticas de manutenção inteligente em pequenas e médias indústrias.

O trabalho caracteriza-se como um estudo aplicado e experimental, voltado para o desenvolvimento de um sistema de manutenção preditiva utilizando tecnologias acessíveis e compatíveis com a realidade de pequenas e médias indústrias.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A implantação do sistema está em andamento, com os primeiros testes indicando melhorias na confiabilidade operacional de máquinas industriais. O monitoramento contínuo de variáveis críticas já está sendo realizado, e os dados coletados estão sendo analisados em tempo real. A solução está sendo validada em ambiente industrial, com resultados preliminares promissores quanto à redução de paradas não programadas e à viabilidade de adoção por empresas de pequeno

e médio porte. Com a coleta de dados em tempo real por meio de sensores integrados a um microcontrolador ESP32 e a utilização de uma interface de visualização acessível, o projeto pretende democratizar o acesso à manutenção inteligente, tornando-a viável mesmo em empresas de pequeno e médio porte. Isso representa um passo importante para inserir essas organizações na lógica da Indústria 4.0, que exige automação, conectividade e decisões baseadas em dados. Entre os benefícios esperados, incluem-se os seguintes aspectos:

- Aumento da disponibilidade dos ativos, com maior previsibilidade de falhas;
- Redução de custos com manutenção corretiva e preventiva desnecessária;
- Melhoria na segurança operacional, ao evitar a utilização de equipamentos em condições críticas;
- Facilidade de integração com outros sistemas industriais, por meio de tecnologias abertas e de baixo custo, e;
- Estímulo à cultura da inovação dentro do ambiente produtivo, com base em soluções práticas e aplicáveis.

O sistema poderá ainda ser expandido futuramente com técnicas de aprendizado de máquina, análises históricas e conectividade em nuvem, agregando ainda mais valor para setores que buscam eficiência, sustentabilidade e competitividade em um mercado cada vez mais orientado por dados.

## 5 CONCLUSÃO

Com o avanço da Indústria 4.0, a manutenção preditiva torna-se uma abordagem viável e necessária. O sistema em desenvolvimento já está sendo testado com sensores de baixo custo integrados ao ESP32, e os dados estão sendo processados em tempo real via Node-RED. Os resultados iniciais indicam que a solução pode contribuir significativamente para a modernização dos processos de manutenção em pequenas e médias indústrias.

Espera-se que este sistema contribua para a modernização dos processos de manutenção em pequenas e médias indústrias, promovendo maior eficiência, redução de custos e alinhamento com os princípios da Indústria 4.0.

## REFERÊNCIAS

BRUNIERA, Felipe. Desenvolvimento de sistemas preditivos com ESP32 e sensores modulares. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Tecnologia, 2024.

ROCHA, Ana Paula. *Estratégias modernas de manutenção industrial*. Rio de Janeiro: Editora Engenharia, 2018.

SOUZA, João; SILVA, Maria; PEREIRA, Carlos. *Manutenção preditiva e suas aplicações na indústria 4.0*. São Paulo: Editora Técnica, 2022.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha sincera gratidão ao SENAI de Santos pelo apoio e pela infraestrutura disponibilizada durante o desenvolvimento deste projeto. A instituição foi fundamental para a viabilização dos experimentos e para o acesso a recursos técnicos essenciais.

Agradeço também aos professores e colaboradores que compartilharam seus conhecimentos e contribuíram com orientações valiosas ao longo do trabalho. Por fim, agradeço à minha família e amigos pelo incentivo e apoio contínuos, que foram imprescindíveis para a conclusão deste estudo.

## **SOBRE O(S)AUTOR(ES)**

### **i LUICK FERNANDES DE MELO**



Formado Oceanografia pela Unimonte (2011), mestre em Geologia pela UFBA (2015), pós graduado em Geoprocessamento pela UFABC (2025), atualmente cursando Tecnologia de Automação Industrial no Senai. Atua profissionalmente como Surveyor Offshore na C-Innovation, acumulando experiência prática no setor industrial de óleo e gás.

### **ii THIAGO LIMA BARBOSA**



Formado Técnico em Eletromecânica pelo Senai (2017), atualmente estudante de Tecnologia de Automação Industrial no Senai. Atua profissionalmente como Eletricista de manutenção na Santos Brasil, acumulando experiência prática na área industrial.

### **iii PABLO HENRIQUE MACHADO CAVALCANTE**



Formado em Técnico em Eletrotécnica e atualmente estudante de Automação Industrial. Atua profissionalmente como Encarregado de Manutenção Elétrica, acumulando experiência prática na área industrial.

### **iv HUMBERTO DE SOUSA MEGDA**



Mestre e Graduado em Engenharia, Pós-graduado em Gestão de Energia e Eficiência Energética, Licenciado em Matemática e Técnico em Desenvolvimento de Sistemas e Eletrônica. Atualmente é Professor de Educação Superior na Faculdade SENAI e Engenheiro de Operação e Medição prestador de serviços da Petrobrás.

### **v ALESSANDRO DE LIMA MARREIRO**



Mestre em Engenharia Mecânica (2017), especialista em formação em EAD pela Universidade Paulista (2010) e em gestão empresarial pela Fundação Getúlio Vargas (2007), possui graduação em Tecnologia em Processamento de Dados pela Faculdade de Tecnologia da Baixada Santista (2002).